

促進耐候(光)性試験の歴史と発展(9)

須賀 茂雄
前号より続く 木村 哲也

(2) 紫外線カーボンアークランプを光源とする 促進耐候(光)性試験機

促進耐候(光)性試験機の光源としては最も古くから用いられており、日本では1952年に紫外線ウェザーメーターの1号機が完成、1954年には紫外線フェードメーターが完成し、現在も繊維関係を中心に広く使用されている。電極に用いるカーボンは不純物を取り除いた純カーボンで、放電安定剤・バインダーとよく混合され、棒状に焼結加工されている。アークランプは上下対に取り付けられたカーボン間隔を一定距離に保ち、放電電圧・電流を一定に保持する機構を有しており、電源電圧(AC200V)が一定であれば、常に135V16Aの放電電圧・電流を保持する。アークランプは写真1に示すように、ランプ基盤部とガラスグローブと呼ばれるフィルタで密閉されており、その内部で芯材入りの有芯カーボン(cored)と無芯カーボン(solid)の組み合わせでアークを発生する。外気との流通を遮断した基盤部とガラスグローブで密閉されたランプハウス内で放電を行うため、密閉型カーボンアーク(国際的にはEnclosed Carbon Arc Lamp)と呼ばれる。その分光放射照度を図11に示す。図から分かるように、386nmを中心に357nm、416nmの3つの狭帯域に強いエネルギーがあり、紫外・可視部(300~700nm)の試料

面の放射照度はJISでは $500 \pm 100 \text{ W/m}^2$ と規定されている。各波長域の放射照度、紫外部・可視部に対する比率を表1に示す。表から分かるように、紫外線カーボンアークランプの放射エネルギーは紫外・可視部の70%以上が紫外部に、また紫外部の85%以上が360~400nmの範囲に集中していることが分かる。放電電圧・電流は135V16Aに自動調節されるように点灯回路が構成されているので、トランスの1次側電圧端子を、設置場所の電源電圧に合わせて接続する必要がある。電源電圧の違いにより、放電電圧・電流は表2、図12のように変化するので注意が必要である。

開発初期は外径13mmの有芯・無芯のカーボンを規定の長さで切断し、有芯・無芯のカーボンを組み合わせて連続20時間点灯であったが、試験の省力化を考慮し、連続点灯時間を延ばし、カーボン交換の時間を少なくする為、カーボンの太さも改良され、1974年には上部カーボン径23mm、下部カーボン径18.5mmのロングライフカーボンが開発され、現在は48時間連続点灯方式が主流となっている。また紫外線フェードメーターの試料面の放射照度の均斉度の改良に取り組み、試料ホルダは、初期は垂直型で試料ホルダの中央のみしか使用しなかったので、一度に試験できる試料枚数が42枚(21ホルダ)と少なかった。



写真1. 紫外線カーボンアークランプ

図11 紫外線カーボンアークランプの分光放射照度

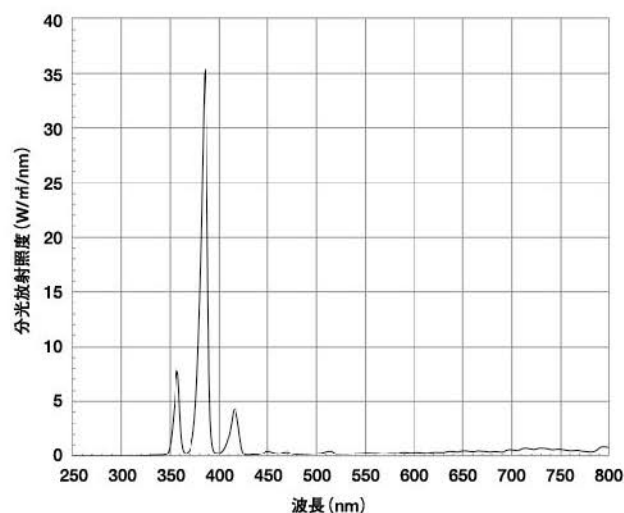
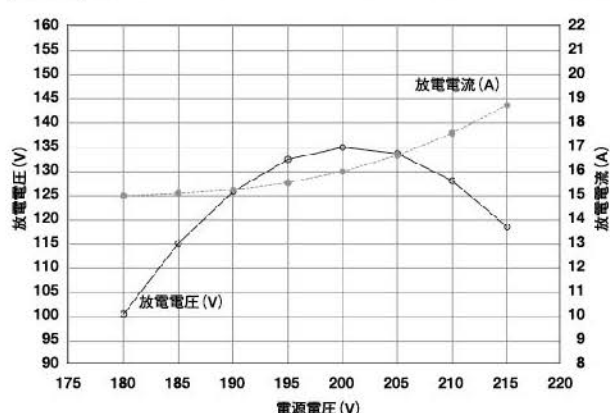


表1 紫外線カーボンアークランプの各波長域の放射照度

波長範囲 (nm)	放射照度 (W/m ²)	その比 (300~400nmに対して)	その比 (300~700nmに対して)
250~290	0.0	0.0	
290~320	0.0	0.0	
320~360	50.7	13.9	
360~400	314.2	86.1	
300~400	364.9	100.0	73.0
300~700	500.0		100.0
300~800	561.8		112.4

図12 紫外線カーボンアークランプの電源電圧と放電電圧・電流の関係



現在は光源の配光分布を考慮した傾斜型試料ホルダの採用により、最大試料枚数108枚(18ホルダ)に改良され、均斉度も向上している。傾斜型試料ホルダの試料面の放射照度の均斉度を図13に示す。

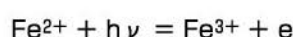
紫外線フェードメーターは、湿度制御可能なオートフェードメーターと湿度制御がないベーシックなフェードメーターがあり、主に繊維関係を中心に古くから繊維製品の耐光性評価に数多く使用されている。2機種の写真を2、3に、その仕様を表3に示す。

光源から規定の分光放射照度を得るために用いられるのがフィルタであり、紫外線カーボンアークの場合は、ガラスグローブと呼ばれる。このフィルタは紫外部の275nmから立ち上がり、太陽光線に含まれない短波長側の紫外線を遮断する。ガラスグローブのような紫外線透過ガラスは日光やカーボンアークに長時間さらされると化学作用が起き、ソーラリゼーションといわれる現象が起こり、特に紫外部の立ち上がり波長域の透過率が下がる。

Weylによると、この現象は「光量子(light quantum)による電子の変動によるもの」で、ガラス中に含まれているFe分が次のような変化を起こすことによる。

表2 紫外線カーボンアークランプの電源電圧と放電電圧・電流の関係

入力電源電圧(V)	放電電圧(V)	放電電流(A)
180	100.6	15.0
185	115.2	15.1
190	125.9	15.3
195	132.5	15.5
200	135.0	16.0
205	133.7	16.7
210	128.1	17.6
215	118.6	18.7



$h\nu$: 光量子 h : プランクの定数

ν : 光の振動数 e : 電子

2価のFeOが3価のFe₂O₃に変化することにより、紫外部300nm付近の波長域で吸収が起こり、立ち上がりの透過率が低下する。

紫外線フェードメーターのガラスグローブの初期の分光透過率と2000時間使用した後の変化を図14に示す。特にガラスグローブは試験中に電極のカーボンのアッシュによる汚れが付着する。紫外線フェードメーターによる試験の再現性を高めるためには、アークランプの清掃、特にガラスグローブの清掃が必要であるとともに、放電

図13 紫外線フェードメーターの試料面放射照度の均斉度(傾斜型ホルダ)

外気温湿度 25℃ 42%rh
試験機 紫外線オートフェードメーター U48AU
試験条件 試料枠を自動回転しながら測定
測定器 スガ試験機(株)製 紫外線カーボン用放射照度計 RAU37
(測定波長域 300~700nm)

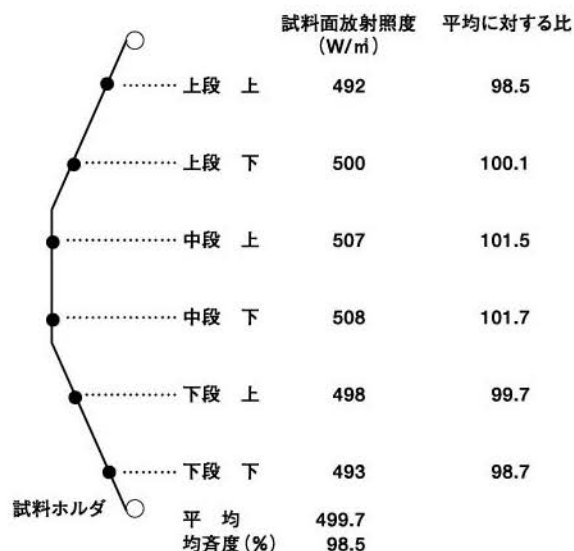




写真2. 紫外線オートフェードメーター U48AU型



写真3. 紫外線フェードメーター U48型

表3 紫外線オートフェードメーター及び紫外線フェードメーターの仕様

項 目	紫外線オートフェードメーター U48AU	紫外線フェードメーター U48
1. 特長	湿度発生機を搭載し、連続送風方式により温度湿度制御を行う。 湿度に影響される試料の試験に最適。	湿度発生方式はウィック方式。 温度調整方式は、試験槽天井部のダンパ開閉による外気導入方式。
2. 光源	紫外線カーボンアークランプ	紫外線カーボンアークランプ
3. 連続点灯時間	48時間	48時間
4. 放電電圧電流	135±10V 16±2A	135±10V 16±2A
5. 温湿度範囲	BPT 63±3℃ 湿度 35～50±5%rh	BPT 63±3℃ 湿度 50%rh以下
6. 温度調節方式	空気調節弁方式	ダンパ開閉による外気導入方式
7. 湿度調節方式	湿度発生機	ウィック方式
8. 試料枚数	最大108枚（試料寸法65×55×1mm）	最大108枚（試料寸法65×55×1mm）
9. 本体寸法	約幅95×奥行104×高さ205cm	約幅95×奥行78×高さ175cm
10. 重量	約354kg	約278kg

BPT83℃の高温仕様の機種もあります。

電圧・電流の管理が重要である。アークランプ内の上下カーボンは、常に一定の放電電圧・電流を保持するため上下カーボンの間隔はほぼ一定であるが、この標準の放電電極間隔が狭くなったり広がったりした場合、カーボンの放電電圧・電流はどのようになるかを表4・図15に示す。図からも分かるようにアークランプのカーボン駆動機構の不具合により、上下カーボンの電極間距離が狭まると放電電圧は若干減少し、逆に放電電流は増大することになる。日常の試験機の管理として重要な点である。

紫外線フェードメーターは試験機の設置場所によりブラックパネル温度（BPT）と試験槽内温度の関係に差が生ずる。BPT63℃に調節した時の試験槽内温度と設置場所の外気温の関係を図16に示す。特に寒冷地で設置場所が南面の窓際近くにある場合は試験機周辺の外気温が季節・時間により変化しやすいので注意が必要である。BPT63℃に調整していても外気温が5℃上がると試験槽内温度は約3℃上がるので、温度に敏感な試料の場合は注意が必要である。

図14 ガラスグローブの分光透過率の経時変化

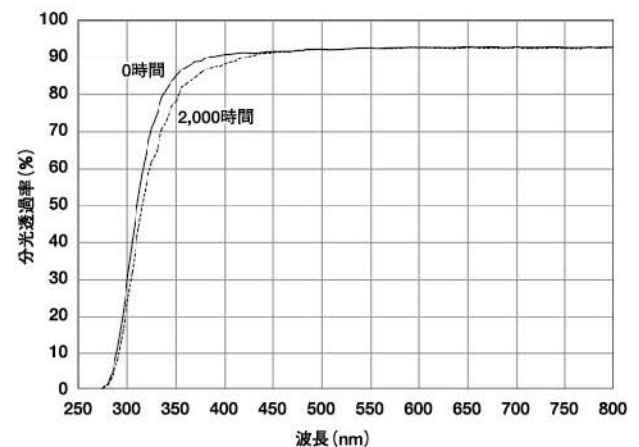
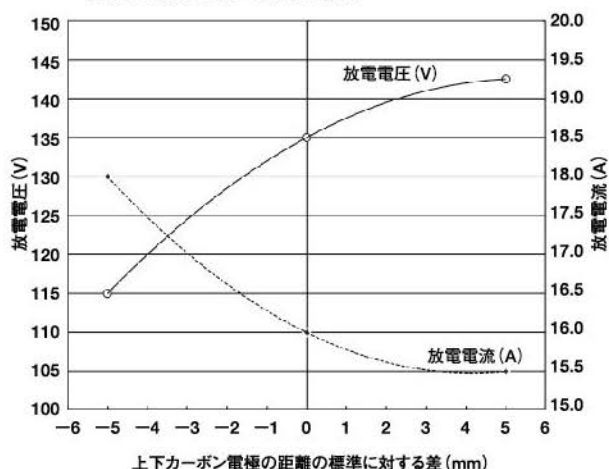


表4 紫外線カーボンアークランプの上下カーボン電極の距離と放電電圧・電流の関係

電極間距離 標準に対する差(mm)	放電電圧 (V)	放電電流 (A)
5	143	15.5
0	135	16.0
-5	115	18.0

図15 紫外線カーボンアークランプの上下カーボン電極の距離と放電電圧・電流の関係



再現性ある試験を行うためには、試験機を温湿度の変化が変わらないような恒温恒湿の場所を選ぶ必要がある。紫外線フェードメーターは、最初に用いられた段階から繊維の試験を中心に使用されてきた。そのため試験機の試験結果を判断する標準試験片として、ブルースケール(青色標準染色布 略:BS)が用いられている。ISO 105 B01 (Colour fastness to light: Day light)ではブルースケールの染料をカラー・インデックス番号で規定し、1級から8級まで染色堅ろう度が異なる標準布を規定している。JIS L 0841でも同様に規定されているが、染料の規制、織物の種類等、時代と共に改正されている。日本では、日本学術振興会染色堅ろう度第134委員会を中心にブルースケールの性能が研究され、使用する布、染料、染色方法等詳細に指定され、現在(財)日本規格協会から販売されている。1級から8級まで退色時間の異なる試験布が準備されており、JIS L0841・L0842・L0843に放射露光量の数値が参考に記載されている。ブルースケールの照射試験結果の一例を表5、図17に示す。又標準試験片として、光量試験紙(Light Sensitive Paper: 略LSP)と呼ばれる試験紙が用いられる。この試験紙は紫色の染色紙で、通常人間の目の明るさに相当するY値の変化で試料が受けた試験中の光量を判断し、試験機の試験状態を確認するのに利用されている。表6にその結果を示す。

表7に試料面の温度を確認するためにアルミニウム(厚さ1mm)の板を取り付けその温度を測定した。表6と表7をまとめたものを図18に示す。

図16 紫外線フェードメーターU48の設置場所温度とBPT63℃時の試験槽内温度

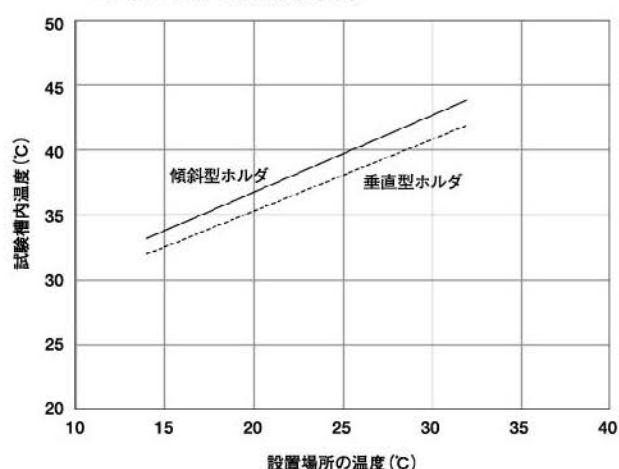
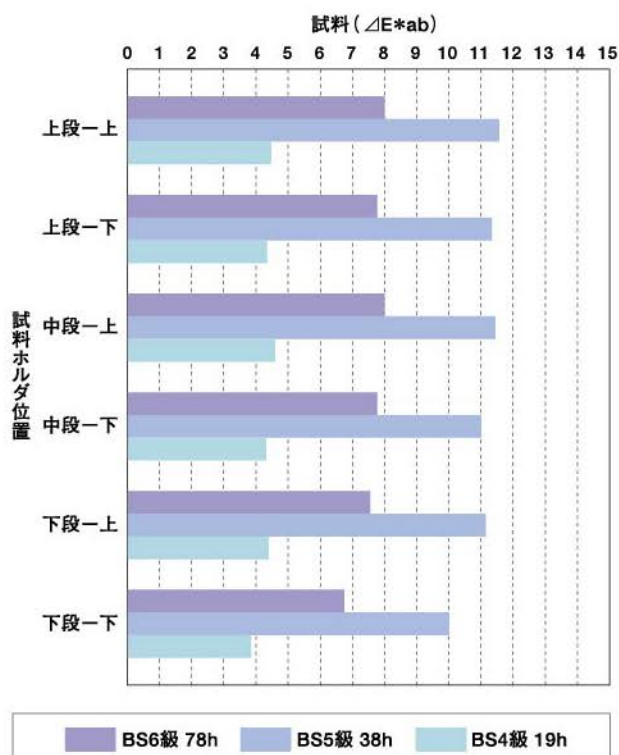


表5 ブルースケール(BS)の照射試験結果

試料ホルダ位置	試料 (ΔE*ab)		
	BS6級 78h	BS5級 38h	BS4級 19h
上段一上	8.0	11.6	4.5
上段一上	7.8	11.4	4.4
中段一上	8.0	11.5	4.6
中段一上	7.8	11.1	4.3
下段一上	7.6	11.2	4.4
下段一上	6.8	10.0	3.9

図17 ブルースケール(BS)の照射試験結果



光による堅ろう度に降雨の要素を加えたのが、促進耐候性試験機で、紫外線カーボンアークランプを使用した試験機が、紫外線ウェザーメーターである。写真4にその外観図を、表8にその仕様を示す。試料枠の中央に紫外線カーボンアーク灯を段違いに2灯吊りさげ、直径800mmの試料枠径のドラムの内側に試料を取りつけ、降雨用のスプレー

からサイクルメーターの設定で自動的に試料へ降雨する機構を有する。日本においては、1952年に開発された最初の促進耐候性試験機であるが、現在は他の光源（サンシャインカーボンアークやキセノンアークランプ）が用いられることが多い。

表6 光量試験紙 (LSP) の照射試験結果

試料	試料ホルダ位置					
	上段—上	上段—下	中段—上	中段—下	下段—上	下段—下
LSP 5h Y (%)	19.5	19.5	19.8	19.5	20.1	19.8
LSP 20h Y (%)	25.5	25.3	26.1	25.6	25.3	25.3

表7 アルミニウム板の温度測定結果

試料	試料ホルダ位置					
	上段—上	上段—下	中段—上	中段—下	下段—上	下段—下
Al板温度 (℃)	54	54	54	54	54	54

図18 光量試験紙 (LSP) の照射試験結果とアルミニウム板の温度測定結果

外気温湿度 25℃ 42%rh
試験機 紫外線オートフェードメーター U48AU
試験条件 試料枠を自動回転しながら測定

		LSP 5h Y (%)	LSP 20h Y (%)	アルミニウム板 温度 (℃)
試料ホルダ	上段 上	19.5	25.5	54
	上段 下	19.5	25.3	54
	中段 上	19.8	26.1	54
	中段 下	19.5	25.6	54
	下段 上	20.1	25.3	54
	下段 下	19.8	25.3	54
	平均	19.7	25.5	54
	均斉度 (%)	99.2	99.4	100



写真4. 紫外線ウェザーメーター WEL-2型

表8 紫外線ウェザーメーターの仕様

項 目	紫外線ウェザーメーター WEL-2
1. 特長	紫外線カーボンアークランプ2灯を有し、照射試験及び降雨試験可能な促進耐候性試験機
2. 光源	紫外線カーボンアークランプ 2灯
3. 連続点灯時間	48時間
4. 放電電圧電流	135±10V 16±2A
5. 温湿度範囲	BPT 63±3℃ 湿度 成り行き
6. 試料枚数	最大60枚 (試料寸法150×70×1mm)
7. 本体寸法	約幅110×奥行90×高さ180cm
8. 重量	約450kg

BPT83℃の高温仕様や湿度 (35~50%rh) 調節仕様の機種もあります。